

## РАЗРАБОТКА ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ СТРОИТЕЛЬСТВА МАНСКОГО ТОННЕЛЯ

Сиделев Н.А.

научный руководитель канд. техн. наук Урбаев Д.А.

*Сибирский федеральный университет*

Манский железнодорожный тоннель располагается на участке Абакан - Тайшет Красноярской железной дороги между станциями Лукашевич и Кравченко. Существующий Манский тоннель длиной 2486,7 м. построен в 1965 г. За всё время эксплуатации тоннеля, капитальный ремонт обделки в тоннеле не выполнялся. Действующий Манский тоннель сильно обводнен, что приводит к наледообразованию в зимнее время, и способствует разрушению постоянной обделки.

В сентябре 2007 года начата проходка транспортно-дренажной штольни тоннелепроходческим комплексом RME 1395E канадской фирмы «Lovat», с возведением сборной железобетонной обделки круглого очертания, внутренним диаметром 3,050 м. и внешним диаметром 3,410 м. Длина штольни 2460,63 м. В соответствии с проектом, новый тоннель будет пройден параллельно существующему на расстоянии в осях 59 м. Протяженность нового тоннеля составит 2460,63 м.

Согласно отчета о выполненных инженерно-геологических изысканиях [1] тоннель прорезает горный массив, сложенный древними породами, претерпевшими в процессе формирования сложные геологические преобразования за счет интенсивных тектонических процессов. В среднем предел прочности на одноосное сжатие метаморфических пород составляет 30-100 МПа, коэффициент крепости  $f=1-18$ .

В результате проведенного анализа материалов изысканий по инженерно-геологическим условиям строительства тоннеля выявлены следующие неблагоприятные для строительства факторы:

- 1) протяженность участков в совершенно неустойчивых грунтах – 655 м, в слабоустойчивых грунтах – 815 м;
- 2) поступление в тоннель подземных вод без учета действия обделки ожидается в количестве 220 м<sup>3</sup>/сут.;
- 3) подземные воды представляют агрессивную среду для портландцементов за счет углекислой агрессии.

*По сути первой проблемы* в данных условиях представляется возможным применение традиционных способов строительства тоннелей только в сочетании с дорогостоящими мероприятиями по обеспечению устойчивости как призабойного массива, так и поверхности над сооружаемым объектом. Поэтому оптимальной будет являться технология позволяющая обходиться без дополнительных мероприятий и обеспечивающая необходимый уровень безопасности персонала. Такой технологией является щитовая проходка тоннелей с применением ТПМК.

Специальные механизированные щиты такого типа имеют роторный рабочий орган, герметичную призабойную зону, в которой используется активный пригруз, обеспечивающий устойчивость забоя и непросадочность проходки.

Точная оценка горно-геологических условий по трассе строительства тоннеля, на основании которой, в свою очередь, принимается решение о конструкции машины, оптимально соответствующей этим условиям. Несмотря на то, что диапазон грунтов для той или иной конфигурации машины достаточно широк, неправильно полагать, что возможно создать некую универсальную машину, способную работать во всех грунтах.

Для работы в слабых, смешанных и водонасыщенных грунтах оптимальной является технология грунтопригруза. Применяя современные и экологически нейтральные реагенты и системы кондиционирования грунта, ТПМК с грунтопригрузом позволяют уверенно контролировать забой и достигать высоких скоростей проходки в меняющейся геологии.

Порода разрабатывается роторным рабочим органом ТПМК, оснащенным различным взаимозаменяемым режущим инструментом, соответствующим конкретным горно-геологическим условиям.

Забой удерживается контролируемым компьютером балансом сил между горным давлением перед ротором ТПМК и давлением домкратов продвига ТПМК, расположенных на задней части щита.

Разработанная ротором порода поступает в герметичную камеру внутри ротора, где происходит ее накопление до создания необходимого уровня избыточного давления. Затем порода отбирается из камеры при помощи шнекового конвейера с последующей перегрузкой на ленточный конвейер и далее — в породные вагоны для транспортировки из тоннеля.

Избыточное давление на забой регулируется путем соизмерения скорости подачи щита на забой со скоростью и производительностью шнекового конвейера.

В призабойную зону и камеру ротора могут подаваться пена и полимеры для кондиционирования грунта и придания ему пластично-текучего состояния и обеспечения стабильного прохождения его через шнековый конвейер.

Режим грунтопригруза оптимален для проходки в глинах, илах, мелких песках, а также при быстроменяющейся геологии по трассе тоннеля, т. е. на большинстве объектов.

В отличие от других способов удержания забоя (например, бентонитовый пригруз), разработанный грунт не требует для своего вывоза специальной обработки (сепарации от бентонита), поскольку все применяемые при этом способе реагенты биоразлагаемы.

Тоннельная обделка собирается внутри машины кольцами из железобетонных блоков с герметичными прокладками из эластомеров. ТПМК отталкивается набором домкратов от торца смонтированного кольца и продвигается на расстояние, равное ширине кольца, чтобы сразу за этим смонтировать следующее кольцо.

Согласно *второму неблагоприятному фактору* по данным комплекса геофизических и буровых работ выделена предполагаемая зоны обводнённости горных пород: ПК7304+20 - ПК7313+95, всего 975 м. Гидрогеологические условия на данном участке сложные. Водоносный горизонт, связанный с девонскими грунтами, вскрыт всеми пробуренными скважинами и приурочен к брекчии, песчаникам и аргиллитам. Воды этого водоносного горизонта обладают напором и встречены на глубине от 14,5 м до 26,7 м. Величина напора от 2,7 м до 10,0 м. Практически все породы на отметках тоннеля находятся в водонасыщенном состоянии.

Подземные воды изверженных пород, вскрытые скважинами №208-№210 и №214, приурочены к трещинам. Вскрытие трещинных вод происходит на глубинах от 5,1 м до 50,5 м. Величина напора от 0 до 3,5 м. Подземные воды в процессе проходки тоннеля будут поступать из отдельных тектонических зон и трещин.

Питание водоносных горизонтов происходит, в основном, за счет атмосферных осадков.

Высота гидростатического столба над тоннелем в пределах описываемого участка -30 м. При расчете гидроизоляционных устройств гидростатическое давление следует принимать равным высоте столба воды с коэффициентом на потерю напора 0,8, что составляет 2,4 атм.

Марку бетона по водонепроницаемости  $W$  принимаем по наибольшему давлению воды, при котором еще не наблюдается ее просачивание.

Эта характеристика назначается для бетона тубингов тоннелей из расчета получения водонепроницаемого бетона. Она зависит от напорного градиента, определяемого как отношение максимального напора  $H$  к толщине конструкций  $B$  в метрах со значениями, приведенными в табл. 1.

Таблица 1. Назначение марки бетона по водонепроницаемости

Напорный градиент $H/B$	До 5	От 5 до 10	От 10 до 12	12 и более
Марка бетона по водонепроницаемости	W4	W6	W8	W12

Таким образом, марка бетона по водонепроницаемости для тубингов Манского тоннеля по нашему мнению будет W12 ( $30/0,9=33,3$ ).

Кроме вышеприведенного, существует возможность значительно снизить действие неблагоприятного фактора по поступлению воды специальными мероприятиями по обеспечению герметичности обделки тоннеля. Она обеспечивается уплотнениями, устанавливаемыми по периметру торцов блока. Сжимаясь в межблочном пространстве под действием больших нагрузок при сборке кольца, эти уплотнения выдерживают большое давление водяного столба снаружи тоннеля и противостоят проникновению воды в тоннель. В большинстве случаев одинарное уплотнение из эластомеров достаточно для обеспечения герметичности тоннеля.

Также важным мероприятием по гидроизоляции тоннеля является закачка тампонажного раствора за обделку. Она может производиться либо через хвостовые уплотнения ТПК (желательный вариант), либо через блоки обделки, используя специальные отверстия. Новые составы тампонажных растворов с активизацией процесса схватывания в зоне сопла придали большую контролируемость этому процессу. Монтаж блоков при помощи вакуумных захватов вместо механических получает все большее распространение.

*Для устранения третьего неблагоприятного фактора по мнению автора в связи с влиянием на портландцемент агрессивной среды в виде углекислой агрессии предлагается применять при строительстве Манского тоннеля сульфатостойкий портландцемент и гидрофобный цемент, и добавления в них кислотостойких вяжущих материалов, изготавливаемые на основе растворимого стекла (силиката натрия), кислотоупорных микронаполнителей. А также для улучшения некоторых свойств вяжущих материалов в их состав вводить андезит, базальт, диабаз, гранит, кварц, фарфор, каменное литьё, плотные известняки, доломит, магнезит, известняковый песчаник и разновидности этих пород.*